

PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI ASAM SULFAT DAN AMONIA DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 800.000 TON/TAHUN

Desy Ratna Sari^{1*}, Nurul Syaidah¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani KM 35, Kampus Unlam Banjarbaru, Kalimantan Selatan

*Corresponding Author: desyratna0902@gmail.com

Abstrak

Amonium sulfat adalah garam anorganik yang biasanya digunakan sebagai pupuk nitrogen selain pupuk urea. Dalam pupuk amonium sulfat terdapat kandungan nitrogen dalam bentuk kation amonium yang mudah melepas hidrogen dan sulfur dalam bentuk anion sulfat yang mudah diserap tanaman oleh karena itu sebagian besar (97%) amonium sulfat digunakan sebagai pupuk penambah unsur nitrogen untuk tanaman dan sisanya (3%) digunakan di bidang industri seperti pengolahan air, fermentasi dan penyamakan. Proses pembuatan amonium sulfat dilakukan dengan menggunakan proses netralisasi dari asam sulfat dan amonia.

Pembuatan amonium sulfat dengan proses netralisasi diawali dengan mempersiapkan bahan baku yaitu merubah fase amonia dari cair menjadi gas dan memanaskan asam sulfat sebelum dimasukkan ke dalam reaktor bubble dengan tekanan 1 atm dan suhu operasi 106°C. Proses netralisasi terjadi dalam reaktor bubble, kemudian hasil keluaran reaktor di masukkan ke centrifuge untuk dipisahkan antara kristal basah yang terbentuk dan filtratnya. Filtrat yang dihasilkan akan dimasukkan ke evaporator untuk dipekatkan sedangkan Kristal basah dimasukkan ke dalam rotary dryer untuk dikeringkan atau untuk mengurangi kandungan airnya hingga 0,15%. Kristal keluaran dari rotary dryer dialirkan melalui cooling conveyor dan masuk ke screener untuk mendapatkan amonium sulfat ukuran 30 mesh. Amonium sulfat yang masih tertahan akan dimasukkan crusher untuk dihaluskan kembali. Kemudian amonium sulfat ukuran 30 mesh diangkat menuju bin untuk ditampung. Dari bin selanjutnya amonium sulfat masuk ke unit pengemasan dan disimpan dalam gudang sebelum dipasarkan. Amonium sulfat diproduksi dengan kapasitas 800.000 ton/tahun dengan 330 hari kerja dalam 1 tahun dan dioperasikan mulai tahun 2024. Perndirian pabrik direncanakan berlokasi di Bontang, Kalimantan Timur dengan luas area 80500 m². tenaga kerja yang dibutuhkan sebanyak 159 orang dan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) dengan system organisasi line dan staff. Kebutuhan utilitas di ambil dari sungai Guntung sebanyak 2685,6920 m³/hari. Sedangkan kebutuhan listrik untuk operasional pabrik sebesar 10144,6650 kW.

Berdasarkan hasil analisa ekonomi, didapat nilai Return on Invesment (ROI) sesudah pajak untuk pabrik ini sebesar 19%, Pay Out Time (POT) sesudah pajak sebesar 3,4 tahun. Sedangkan nilai Break Even Point (BEP) sebesar 41% dan Shut Down Point (SDP) sebesar 34%. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa pabrik ini bisa dipertimbangkan pendiriannya dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

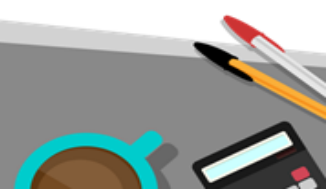
Kata kunci : Amonium sulfat, Netralisasi, Break Event Point, Shut Down Point

1. Pendahuluan

Negara Indonesia adalah negara agraris yang mayoritas penduduknya hidup dari hasil bercocok tanam atau bertani. Sehingga pertanian merupakan sektor yang memegang peranan penting dalam kesejahteraan kehidupan penduduk Indonesia dan dalam perekonomian negara. Seiring berkembangnya sektor pertanian maka meningkat pula kebutuhan akan pupuk, sementara itu negara Indonesia juga mempunyai sumber daya alam yang cukup untuk menyuplai bahan-bahan yang dapat diolah menjadi pupuk. Salah satu jenis pupuk tersebut adalah pupuk amonium sulfat yang biasa

disebut *Zwavelzure Ammonia* yang berasal dari bahasa Belanda.

Menurut Asosiasi Niaga Pupuk Indonesia (ANPI), sebanyak 80% kebutuhan pupuk di Indonesia setiap tahunnya (kecuali urea) baik berupa bahan baku maupun produk jadi diimpor dari negara lain. Jenis pupuk yang diimpor antara lain kalium klorida (KCl), amonium sulfat (ZA) dan SP3. Negara tujuan ekspor meliputi Vietnam dan negara-negara Asia Tenggara lainnya, Jepang, Taiwan dan Australia.





Mengatasi peningkatan kebutuhan akan pupuk amonium sulfat dan mengurangi kebutuhan impor amonium sulfat serta mengurangi impor dari negara lain, serta membuka lapangan kerja baru dalam rangka turut memberikan kesempatan kerja, sehingga pendirian pabrik amonium sulfat di Indonesia perlu dilakukan.

Data impor Amonium Sulfat di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1 (Statistik, 2013-2018).

Tabel 1 Data Impor Amonium Sulfat

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2013	728.487	0
2	2014	864.452	0,19
3	2015	930.688	0,08
4	2016	1.070.492	0,15
5	2017	1.170.194	0,09
6	2018	1.303.692	0,11
Pertumbuhan Rata-rata			0,10

Dari data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah kebutuhan Amonium Sulfat pada tahun 2024 yang didapatkan dari perhitungan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P (1+i)^n \quad \dots(1.1)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dari persamaan *discounted method* dan data Amonium Sulfat pada tahun 2013 sampai 2018 menunjukkan bahwa peluang kapasitas pabrik Amonium Sulfat yang akan didirikan pada tahun 2024 yaitu 800.000 ton/tahun untuk memenuhi kebutuhan impor.

2. Deskripsi Proses

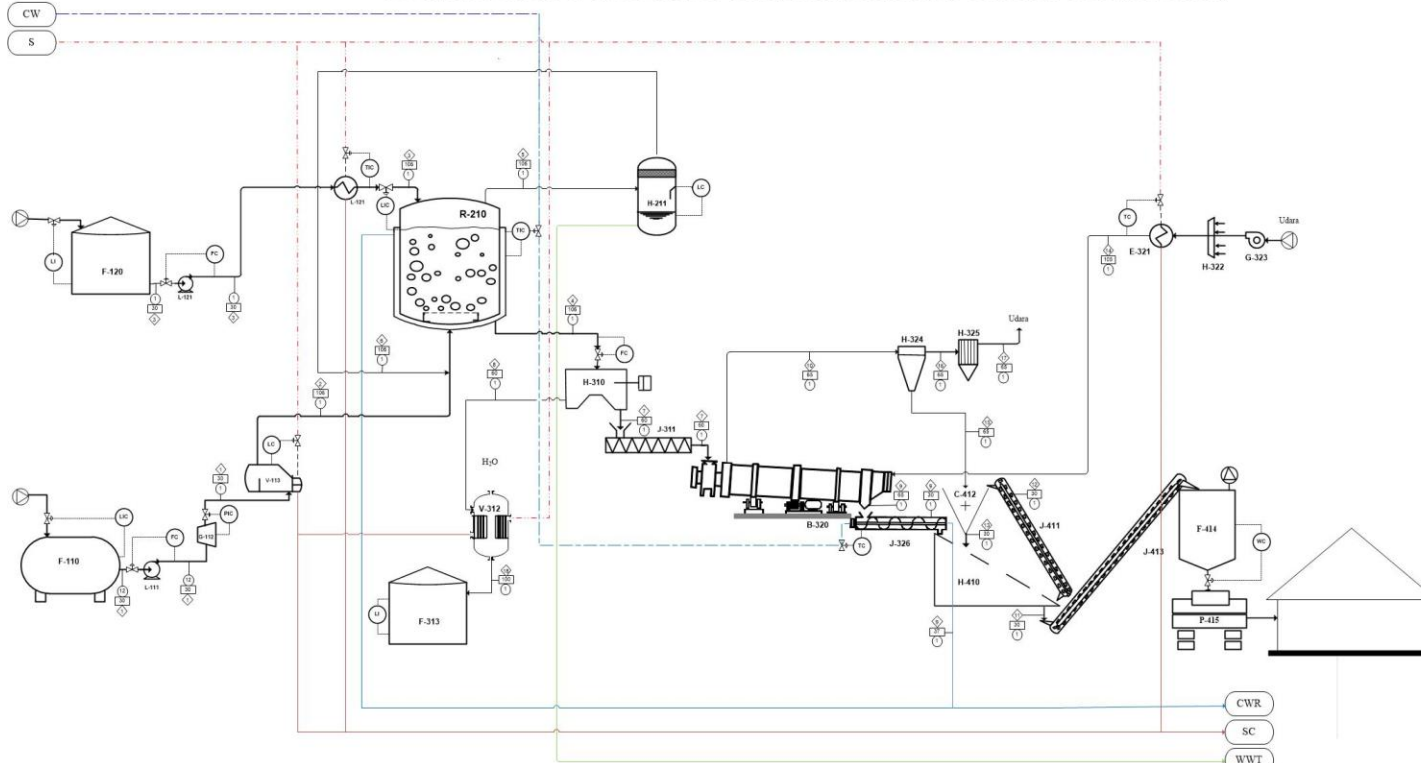
Pada perancangan pabrik Amonium Sulfat ini, proses pembuatan Amonium Sulfat dalam skala industri dibedakan berdasarkan bahan baku dan proses yang digunakan. Berikut adalah perbandingan proses pembuatan Amonium Sulfat, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Proses Pembuatan Amonium Sulfat

Karakteristik	Netralisasi	Karbonasi batubara	Merseburg	Marino
Katalis	Tidak diperlukan karena reaksi spontan	Tidak diperlukan, karena proses hanya <i>scrubing</i> amonium sulfat yang terbentuk dari karbonisasi batubara dengan asam sulfat	Nikel	Vanadium pentaoksida (V_2O_5)
Reaksi samping	Kemungkinan terbentuk amonium bisulfit jika suhu melebihi $280^{\circ}C$	Kemungkinan terbentuk amonium bisulfit jika suhu melebihi $280^{\circ}C$	Kemungkinan terbentuknya $CuSO_4$, karbonat dan amonium karbonat pada proses karbonisasi	Tidak ada
Reaksi reversible	Tidak ada selama suhu proses tidak melebihi $280^{\circ}C$	Tidak ada selama suhu proses tidak melebihi $280^{\circ}C$	Ada, pada proses karbonisasi gypsum	Tidak ada
Kondisi operasi				
-Proses	Kontinyu	<i>Batch</i>	<i>Batch</i>	<i>Batch</i>
-Suhu ($^{\circ}C$)	105-106	60-70	70	200-450
-Tekanan (atm)	1	1	1	1-1,5
Konversi Reaksi	98%	83%	95%	
Jenis bahan baku	NH_3 , H_2SO_4	<i>Coke oven gas</i> , H_2SO_4	Kalsium sulfat, gypsum	SO_2 dari FGD, NH_3



FLOW DIAGRAM PROCESS
PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA DAN ASAM SULFAT
DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 800.000 TON/TAHUN



KETERANGAN		
Aliran Proses	Aliran Proses	
CW	Cooling Water	◇ Nomor Aliran
CWR	Cooling Water Return	□ Temperature (°C)
S	Steam	○ Tekanan (atm)
SC	Steam Condensat	⊖ Bahan Baku
WWT	Waste Water Treatment	⊕ Produk
TC	Temperatur Control	⊕ Level Indicator
FC	Flow Control	⊖ Level Control
WC	Weight Control	⊖ Pressure Control
TC	Temperatur Indicator Control	

26	P-411	PACKAGING INDT	1
27	P-414	BEI AMONIUM SULFAT	1
28	L-411	BUCKET ELEVATOR PRODUK	1
29	L-411	BUCKET ELEVATOR OVER SIEE SCREEN	1
30	B-410	BUCKET	4
31	C-412	CYCLONE	1
32	B-311	HEATER UDARA	1
33	B-312	FILTER UDARA	1
34	G-311	BLOWER UDARA	1
35	B-313	RAFO FILTER	1
36	B-314	CYCLONE	1
37	P-311	TANGKI AMONIUM SULFAT CAIR	1
38	V-312	BY-PASS MOTOR	1
39	L-310	COOLER CONTEINER	1
40	B-310	ROTARY DRYER	1
41	F-311	BELT CONVEYOR	1
42	B-310	CEMENTATOR	1
43	B-211	SEPARATOR	1
44	B-210	REAKTOR	4
45	E-112	HEATER ASAM SULFAT	1
46	L-110	POMPA ASAM SULFAT	1, 2
47	F-110	TANGKI PENYIMPANAN ASAM SULFAT	4
48	V-111	EXPANDER	1
49	G-111	EXPANDER	1
50	L-111	POMPA TANGKI AMONIA	2
51	F-111	TANGKI PENYIMPANAN AMONIA	4
52	NO	ALAT ALAT	NUMERAR

Dipinjam Oleh:		OHDI11005
DESY RATNA SARI		OHDI10408
NURUL SYADAH		
Dipinjam Oleh:		
MELIANA DEBARUA PUTRA, S.T, M.Eng, Ph.D		(198200112006641014)

FLOW DIAGRAM PROCESS		
PRARANCANGAN PABRIK AMONIUM SULFAT DARI AMONIA DAN ASAM SULFAT DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 800.000 TON/TAHUN		
PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT BANTARBURU JAB		

No	Aliran	Neraca Massa (kg/jam)																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	NH ₃	25719,3060	26241,5120	-	-	524,8302	522,2061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	H ₂ SO ₄	-	-	75535,3028	1510,7061	-	-	302,1412	1208,5648	98,4964	203,6448	98,7000	2,0143	2,2179	-	0,2036	203,4412	162,7529	1208,5648	-	-	2,6242
3	H ₂ O	131,2076	131,8669	1150,2838	1150,2838	131,8669	0,6593	230,0568	920,2270	147,7446	82,3122	147,8269	3,0169	3,0992	-	0,0823	82,2299	65,7839	-	920,2270	131,2076	16,4460
4	(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	-	99741,2786	-	-	98743,8658	997,4128	98250,1465	493,7193	98743,3721	2015,1709	2508,3965	-	493,2256	0,4937	0,3950	997,4128	-	-	0,0987
5	Udara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	192475,911	-	-	-	-	-	192475,911
Total		25850,5135	26373,3789	76685,5866	102402,268	656,6971	522,8654	99276,0638	3126,2047	98496,3874	193255,59	98989,8990	2020,2020	2513,7136	192475,911	493,5116	192762,0753	228,9318	2205,9776	920,2270	133,8317	192533,1435

Gambar 1. Process Flow Diagram Pabrik Amonium Sulfat dari Asam Sulfat dan Amonia dengan Proses Netralisasi Kapasitas 800.000 Ton/Tahun



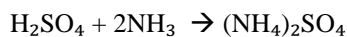
Proses pembuatan Amonium Sulfat ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku ini dimaksudkan untuk mempersiapkan bahan baku sehingga sesuai kondisi yang diisyaratkan oleh Reaktor *Bubble* (R-210). Pada tahap ini bahan baku amonia cair (kemurnian 99,5%) dengan tekanan 12 atm dan suhu 30°C dari tangki penyimpanan amonia (F-110) dialirkan menuju *Expander* (G-112) untuk diturunkan tekanannya menjadi 1 atm kemudian dialirkan menuju *Vaporizer* (V-113). Di dalam *Vaporizer* (V-113), amonia diubah fasanya dari cair menjadi uap amonia kemudian dialirkan menuju Reaktor *Bubble* (R-210). Dan bahan baku asam sulfat cair (kemurnian 98 %) dengan tekanan 1 atm dan suhu 30 °C, agar sesuai dengan kondisi reaktor dari tangki penyimpanan asam sulfat (F-120) dialirkan menuju *Heater* (E-122) untuk dinaikkan suhunya menjadi 106°C dan kemudian dialirkan menuju Reaktor *Bubble* (R-210).

b. Tahap Reaksi Netralisasi

Tahap ini merupakan tahap pembentukan amonium sulfat melalui proses netralisasi menggunakan Reaktor *Bubble* (R-210). Amonia gas dari *Vaporizer* (V-113) dan asam sulfat cair dari *Heater* (E-122) dialirkan ke dalam Reaktor *Bubble* (R-210) pada suhu 106°C dan tekanan 1 atm, terjadi reaksi netralisasi dan berbentuklah amonium sulfat dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Kondisi operasi Reaktor *Bubble* (R-210) dipertahankan pada suhu 106°C dan tekanan 1 atm, untuk mempertahankan suhu sebesar itu dengan jalan menggunakan air pendingin yang dihasilkan dari unit utilitas. Hasil keluaran atas Reaktor *Bubble* (R-210) berupa uap yang masih mengandung amonia gas, uap tersebut di umpankan menuju Separator (H-211) untuk mengurangi kandungan air pada uap amonia agar dihasilkan amonia gas yang kemurniannya sesuai dengan kemurnian bahan baku dan *directly* menuju Reaktor *Bubble* (R-210) kembali.

sebagai produk utama dan CaCO_3 sebagai produk samping (mengendap).

c. Tahap Pemisahan dan Pengeringan

Tahap ini dimaksudkan untuk memisahkan produk keluaran bawah Reaktor *Bubble* (R-210) sehingga diperoleh produk amonium sulfat sesuai dengan yang diinginkan. Produk keluaran bawah dari Reaktor *Bubble* (R-210) berupa *slurry* dialirkan

menuju *Centrifuge* (H-310), *slurry* masuk ke dalam *Centrifuge* (H-310) yang sedang berputar. Dengan adanya putaran basket yang cepat maka *slurry* akan terlempar ke dinding basket karena gaya sentrifugal. Cairan akan mengalir keluar dinding basket yang dilapisi filter untuk menahan kristal. Di dalam *Centrifuge* (H-310), kristal dipisahkan dari *mother liquor*-nya. Produk berupa kristal dari *Centrifuge* (H-310) dialirkan menuju *Rotary Dryer* (B-320) untuk tahap pengeringan, sedangkan *mother liquor* (filtrat yang berupa air, asam sulfat dan amonium sulfat) dialirkan ke dalam *Evaporator* (V-312) untuk mengurangi kandungan airnya berdasarkan titik didihnya. Hasil keluaran utama dari *Evaporator* (V-312) ditampung ke tangki penyimpanan amonium sulfat cair.

Kristal hasil keluaran dari *Centrifuge* (H-310) yang masih basah dikeringkan dengan menggunakan *Rotary Dryer* (B-320). Pengeringan dilakukan menggunakan udara panas yang dialirkan ke dalam *Rotary Dryer* (B-320), dilakukan pengeringan hingga kandungan H_2O maksimal dalam kristal sekitar 0,15 %. Hasil ke ~~Kemudian didinginkan~~ *Rotary Dryer* (B-320) yang mengandung asam sulfat, amonium sulfat dan udara dialirkan menuju *Cyclone* (H-324) untuk ditangkap kembali amonium sulfatnya dan dialirkan menuju *Crusher* (C-412). Udara dan asam sulfat yang masih tersisa dari *Cyclone* (H-324) dialirkan menuju *Bag Filter* (H-325) untuk menangkap asam sulfat, agar kandungan asam sulfat yang aman di buang ke atmosfer adalah sebesar 0,1%.

d. Tahap *Finishing*

Kristal keluaran dari *Rotary Dryer* (B-320) dialirkan melalui *Cooling Conveyor* (J-326) untuk didinginkan suhunya kemudian dimasukkan ke dalam *Screener* (H-410) untuk mendapatkan amonium sulfat yang lolos ayak 30 mesh. Produk *off spec* amonium sulfat yang tidak sesuai ukuran akan dikembalikan ke *Crusher* (H-412) untuk dihaluskan agar dapat digunakan kembali, sedangkan amonium sulfat ukuran 30 mesh diangkat dengan menggunakan *Bucket Elevator* (J-413) menuju Bin (F-414) untuk ditampung. Dari Bin (F-414) selanjutnya kristal masuk ke unit pengepakan dan ditampung di gudang sebelum dipasarkan. Produk amonium sulfat yang dihasilkan diharapkan memenuhi spesifikasi amonium sulfat yang memiliki kadar asam sulfat 0,1% dan air 0,15%.

Reaksi pembentukan Amonium Sulfat merupakan reaksi orde 2 dengan nilai k sebesar $3,126 \times 10^{10} \text{ m}^3/\text{kmol.s}$ dengan konversi sebesar 98% (US2659659). Adapun persamaan kecepatan reaksi adalah sebagai berikut:

$$-r_A = k \cdot C_A C_B$$





Berdasarkan perhitungan neraca massa, komposisi masuk & keluar reaktor *bubble* dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Neraca Massa Reaktor *Bubble* (R-210)

Komponen	Input (kg/jam)		Output (kg/jam)	
	Arus 2	Arus 3	Arus 4	Arus 5
NH ₃	26241,51	-	-	524,83
H ₂ SO ₄	-	75535,30	1510,70	-
H ₂ O	131,86	1150,28	1150,28	131,86
(NH ₄) ₂ SO ₄	-	-	99741,27	-
Total	26373,37	76685,58	102402,26	656,69
	103058,9656		103058,9656	

3. Utilitas

Untuk memenuhi kebutuhan air pabrik, direncanakan menggunakan air kawasan dari sungai Guntung. Pembangkit listrik utama pada pabrik ini listrik dari PLN dan sebagian menggunakan generator. Kebutuhan total utilitas yang dibutuhkan pada pabrik Amonium Sulfat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan Utilitas Pabrik Amonium Sulfat

Kebutuhan	Jumlah
Steam	9155,2578 kg/jam
Air	153,5705 kg/jam
Listrik	12341,4789 kW
Bahan Bakar	525,8118 kg/jam

4. Analisis Ekonomi

Daftar harga bahan baku dan produk pada pra rancangan pabrik Amonium Sulfat dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daftar Harga Bahan Baku dan Produk

Komponen	Harga (Rp/Kg)
Amonia	2.500
Asam Sulfat	3.550
Pupuk Amonium Sulfat	6.650
Amonium Sulfat Cair	3.350

Adapun biaya yang dibutuhkan untuk mendirikan pabrik Amonium Sulfat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Total Biaya Pabrik Amonium Sulfat

Jenis Biaya	Jumlah (Rp)
FCI	258.218.173.339,9
WC	953.558.458.724,7
TCI	1.230.903.904.164
TPC	5.166.999.482.669

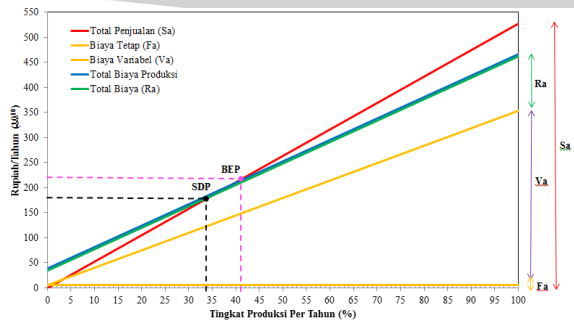
Untuk dapat mengetahui keuntungan yang diperoleh tergolong besar atau kecil dan pabrik tersebut dapat dikategorikan layak atau tidak untuk didirikan perlu dilakukan analisa atau evaluasi kelayakan ekonominya. Beberapa cara yang digunakan untuk menyatakan kelayakan ekonomi antara lain adalah *Percent Profit On Sales* (POS), *Percent Return On Investment* (ROI), *Pay Out Time* (POT), *Net Present Value* (NPV), *Interest Rate of Return* (IRR), *Break Even Point* (BEP), dan *Shut Down Point* (SDP). Hasil analisa ekonomi pabrik Amonium Sulfat dapat dilihat pada Tabel 8

Tabel 8. Analisa Ekonomi

Analisa	Nilai	Batasan	Ket
ROI	19%	Min. 20%	Layak
POT	3,4 thn	Max. 5 thn	Layak
BEP	41%	40-60%	Layak
SDP	34%	20-40%	Layak

Return On Investment (ROI) adalah tingkat keuntungan yang dihasilkan dari tingkat investasi yang dikeluarkan. *Pay Out Time* (POT) adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa lama investasi yang telah dilakukan akan kembali. *Break Even Point* (BEP) adalah titik impas atau suatu kondisi dimana pabrik menunjukkan biaya dan penghasilan jumlahnya sama atau tidak untung dan tidak rugi. *Shut Down Point* (SDP) adalah suatu titik atau saat dimana penentuan suatu aktivitas produksi harus dihentikan karena lebih murah untuk menutup pabrik dan membayar *Fixed Expense* (Fa) dibandingkan harus produksi. Penyebabnya antara lain *variable cost* yang terlalu tinggi, atau bisa juga karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi atau tidak menghasilkan profit (Aries, 1955). Grafik analisa kelayakan ekonomi pabrik Amonium Sulfat dapat dilihat pada gambar 2.





Gambar 2. Grafik BEP dan SDP Pabrik Amonium Sulfat dengan Kapasitas 800.000 Ton/Tahun

- PT. Petrokimia Gresik, 2003, *Pabrik ZA I dan II*, Petrokimia Gresik : Gresik.
- PT. Pupuk Sriwidjaja, 2003, *State of Corporate Intent*, PUSRI : Palembang.
- Rufiati, Etna, 2011, *Sifat Asam Sulfat*, Universitas Airlangga : Surabaya.
- Setyamidjaja, Djoehana, 1986, *Pupuk dan Pemupukan*, Simplex : Jakarta.

5. Kesimpulan

Prarancangan Pabrik Amonium Sulfat dari Asam Sulfat dan Amonia dengan menggunakan Proses Netralisasi Kapasitas 800.000 ton/tahun akan didirikan di Kabupaten Bontang, Kalimantan Timur pada tahun 2024. Bentuk perusahaan yang akan digunakan yaitu Perseroan Terbatas (PT) dengan organisasi bentuk yaitu *line* dan *staff* dengan jumlah tenaga kerja yang diperlukan yaitu 159 orang. Kelayakan suatu pabrik dapat dilihat dari beberapa faktor analisa ekonomi. Dari analisa ekonomi didapatkan nilai ROI sebesar 19%, POT sebesar 3,4 tahun, BEP sebesar 41% dan SDP sebesar 34%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pabrik Amonium Sulfat ini layak untuk didirikan dan dapat diteruskan ke tahap perencanaan pabrik.

Daftar Pustaka

- Ariani, Nurul M. dkk., 2011, *Jurnal Riset Teknologi Industri*, Departemen Perindustrian : Jakarta.
- Departemen Kesehatan RI, 2002, *Standar Kualitas Air Bersih*.
- Departemen Perindustrian, 2010, *Laporan Perkembangan Komoditi Industri Terpilih*, Departemen Perindustrian : Jakarta.
- Eakman, James M., 1981, *Production of Ammonium Sulfate*, Patent US : Texas.
United State Patent no. 4,250,160
- EPA, 2010, *Ammonium Sulfate*, U.S. Environment Protection Agency : New York.
- Evans, F.L., 1980, *Equipment Desig Handbook Volume 2*, Gulf Publishing Company: London.
- Othmer, Kirk, 1984, *Encyclopedia Of Chemical Technology*, John Wiley & Sons INC : New York.
- Peter, M.S. dan Timmerhause, K.D., 2004, *Plant Design and Economics for Chemical Engineer*, 3th Edition, Mc. Graw Hill Book Co. Inc: Tokyo.

